

5-9 октября 2015

ISBN 978-5-9907101-1-5

# УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

МАТЕРИАЛЫ III МЕЖДУНАРОДНОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ  
85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

*профессора, чл.-корр. РАН В. И. Зубова*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 531.391.5:531.36  
ББК В 213.1–7  
У79

**Устойчивость и процессы управления:** Материалы III междуна-  
У79 родной конференции (Санкт-Петербург, 5 – 9 октября 2015 г.) / Под  
ред. А. П. Жабко, Л. А. Петросяна. СПб.: Издательский Дом  
Федоровой Г.В., 2015. 623 с.  
ISBN 978-5-9907101-1-5

Сборник Материалов III международной конференции «Устойчивость и процессы управления (SCP 2015)», посвященной 85-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН, профессора Владимира Ивановича Зубова (1930-2000), содержит рабочие материалы, представленные в секциях «Устойчивость», «Метод функций Ляпунова», «Теория динамических систем», «Управление механическими системами», «Управление и оптимизация в электрофизических системах», «Управление конфликтными системами. Динамические игры», «Методы анализа и синтеза систем с последействием. Робастность», «Методы оптимизации», «Нелинейная механика и физика твердого тела», «Управление социально-экономическими системами», «Управление медико-биологическими системами», «Информатика и процессы управления», «Математические модели и методы распознавания образов».

УДК 531.391.5:531.36  
ББК 213.1–7

*Работа выполнена при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
(грант № HP 15-01-20648\15),  
факультета прикладной математики – процессов управления  
Санкт-Петербургского государственного университета,  
выпускника факультета прикладной математики – процессов  
управления СПбГУ А. М. Иванова.*

ISBN 978-5-9907101-1-5

© Авторы сборника, 2015  
© Факультет ПМ–ПУ  
С.-Петербургского государ-  
ственного университета, 2015

<i>Петрова В. А., Пупышева Г. И.</i> Одна постановка задачи оптимизации складской логистики грузового терминала аэропорта.....	449
<i>Соловьева И. В., Соколов Б. В., Иванов Д. А.</i> Анализ применимости метода позиционной оптимизации в задаче управления цепями поставок.....	451
<i>Шавидзе Г. Г., Балыкина Ю. Е., Лежнина Е. А., Свиркин М. В.</i> Математическое моделирование распределения ресурсов скорой помощи г. Санкт-Петербурга.....	453
<b>Управление медико-биологическими системами .....</b>	<b>455</b>
<i>Андреева Т. А., Бедрина М. Е.</i> Изменение структурных и спектральных характеристик в жидкокристаллической фазе под влиянием электрического поля.....	455
<i>Антонов Л. В., Привезенцев Д. Г., Орлов А. А.</i> Выделение значимых факторов оценки состояния животных в системе поддержки принятия решения на животноводческом предприятии.....	457
<i>Антонов Л. В., Привезенцев Д. Г., Орлов А. А.</i> Разработка и экспериментальное исследование алгоритма анализа данных повседневной деятельности животного в автоматизированной информационной системе управления животноводческим предприятием.....	459
<i>Бажанов П. В.</i> Моделирование сбора проекционных данных ПЭТ и коррекция рассеяния.....	461
<i>Бауэр С. М., Венатовская Л. А.</i> Анализ численного моделирования лазерной коррекции гиперметропии.....	463
<i>Будылина О. А., Буре В. М., Сотников А. В.</i> Применение таблиц сопряженности и бинарной логистической регрессии с категориальными предикторами к анализу данных по инфаркту миокарда.....	465
<i>Воронкова Е. Б., Журавлева Д. И.</i> Анализ чувствительности математических моделей изменения внутриглазного давления.....	467
<i>Горыня Е. В., Колтак Е. П.</i> Математические модели поиска экологической ниши.....	469
<i>Долгов Д. А., Захаров Ю. Н.</i> Математическое моделирование работы искусственного сердечного клапана.....	471
<i>Иванова А. С., Кириллов А. Н.</i> Управляемая динамика в задачах фуражирования.....	473

УДК 531/534: [57+61]

Бауэр С. М., Венатовская Л. А.

### **Анализ численного моделирования лазерной коррекции гиперметропии**

В работе анализируется изменение напряженно-деформированного состояния роговицы и показателей внутриглазного давления (ВГД), получаемых апланационными тонометрами после рефракционных операций по коррекции гиперметропии, выполняемыми двумя наиболее эффективными при данном заболевании методами LASIK и IntraLASIK. В программном пакете ANSYS, выполняется конечно-элементное моделирование роговицы и склеры двумя сферическими сегментами, находящимися под действием внутреннего нормального давления. Роговица предполагается слоистой трансверсально изотропной упругой оболочкой, а склера — однородной упругой трансверсально изотропной оболочкой. Операции выполняются в два этапа: на первом — определенным образом срезаются верхние слои роговицы, на втором — производится удаление части роговицы лазерным лучом. При коррекции гиперметропии, удаляется слой, имеющий форму внутреннего кольцевого сегмента с различными геометрическими параметрами.

Согласно клиническим данным [1], полагается, что при операции LASIK лазерным лучом удаляется кольцевой слой с внутренним диаметром от 6,0 до 6,2 мм и внешним диаметром от 8,5 до 8,75 мм; при IntraLASIK удаляется кольцевой слой той же ширины, но с большими внутренним от 6,4 до 6,6 мм и внешним от 9,2 до 9,4 мм диаметрами. При моделировании также учитывается изменение толщины срезаемого при операциях роговичного лоскута и глубина удаляемого кольцевого слоя.

Для оценки изменения показателей ВГД после операций по коррекции гиперметропии исследуется задача о деформация роговицы под действием груза с плоским основанием, т.е. рассматривается

---

*Бауэр Светлана Михайловна* – профессор, Санкт-Петербургский государственный университет; e-mail: s\_bauer@mail.ru, тел.: +7(911)227-46-47

*Венатовская Людмила Александровна* – доцент, Санкт-Петербургский государственный университет; e-mail: l\_karamshina@mail.ru, тел.: +7(911)701-80-17

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 15-01-06311-а

модель аппланационных тонометров Маклакова и Гольдмана. Измерение ВГД тонометрами моделируется контактными задачами в программном пакете ANSYS. С точки зрения математики решается прямая и обратная задача при одной механической модели. В первом случае к штампу прикладывается сила  $F$ , равная 10 г (0,1 Н), и фиксируется площадка контакта. Во втором случае, величина силы давления груза варьируется таким образом, чтобы зона контакта составляла 3,06 мм. На каждом шаге нагружения роговицы проверяется условие постоянства внутреннего объема. В результате численного моделирования проводится сравнение результатов двух различных операций и сравнение двух методов измерения ВГД для каждой из этих операций при одном истинном внутриглазном давлении.

Многочисленные расчеты, проведенные для различных параметров срезаемого роговичного лоскута и удаляемого в результате рефракционных операций слоя роговичной ткани, показали, что после операций, выполняемых методом IntraLASIK, роговица деформируется более равномерно, чем после LASIK. После LASIK наблюдаются большие деформации и смещения в области утончения роговицы, что объясняет более низкие рефракционные показатели, получаемые в клинической практике. Численные результаты показали, что операции по коррекции гиперметропии, как и операции по поводу миопии, приводят к уменьшению тонометрических показателей ВГД, получаемых тонометрами Гольдмана и Маклакова, что согласуется с клиническими данными. При этом показатели ВГД, получаемые тонометром Гольдмана оказались более чувствительными к изменению параметров зоны абляции (внутреннего и внешнего радиуса, глубины зоны абляции, толщине формируемого роговичного лоскута).

## Литература

1. Федотова Л. А., Куликова И. А. Преимущество лечения гиперметропии с использованием фемтосекундного лазера // Здоровье Чувашии. 2009. № 2. С. 47–50.